

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

©AC-  
1c971 U.S. PROO  
10/068031  
02/06/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2001年 2月 7日

出願番号  
Application Number:

特願2001-030731

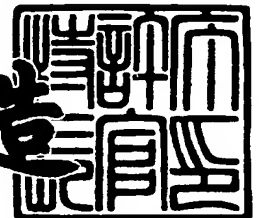
出願人  
Applicant(s):

本田技研工業株式会社

2001年12月 7日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3106722

【書類名】 特許願

【整理番号】 H100321501

【提出日】 平成13年 2月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 F01L 9/04

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 小沢 英隆

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 阿部 賢治

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 河野 義朋

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 清水 康雄

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 中村 稔

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

【氏名】 八巻 利宏

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100081721

【弁理士】

【氏名又は名称】 岡田 次生

【選任した代理人】

【識別番号】 100111969

【弁理士】

【氏名又は名称】 平野 ゆかり

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 034669

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電磁アクチュエータ制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 対向する方向に働く一対のばねと、

前記ばねに連結され非動作状態で該ばねにより与えられる中立位置に支持される、機械要素に結合したアマチャと、

前記アマチャを 2 つの終端位置の間で駆動する一対の電磁石と、

前記終端位置の一方に保持されていたアマチャを開放するアマチャ開放手段と

前記アマチャ開放手段によってアマチャが開放されたことに応答して、該アマチャの負荷状態に従って該アマチャの移動に制動をかける制動手段と、

を備える電磁アクチュエータ制御装置。

【請求項 2】 前記制動手段は、前記アマチャが開放された終端位置に対応する電磁石に所定期間電圧を印加する電圧印加手段を備える請求項 1 に記載の電磁アクチュエータ制御装置。

【請求項 3】 前記制動手段は、前記アマチャが開放された終端位置に対応する電磁石にフライホイール電流を流すフライホイール手段を備える請求項 2 に記載の電磁アクチュエータ制御装置。

【請求項 4】 前記制動手段は、

前記アマチャが開放されたことに応答して、アマチャの負荷状態に応じて設定された期間、前記アマチャを開放した終端位置に対応する電磁石に電圧を印加する電圧印加手段と、

前記電圧印加手段による電圧印加が終了した後、予め決められた期間、前記電磁石にフライホイール電流を流すフライホイール手段と、

前記フライホイール手段によってフライホイール電流を通電した後、前記電磁石への通電を停止する通電停止手段と、

を備える請求項 1 に記載の電磁アクチュエータ制御装置。

【請求項 5】 前記アマチャの変位と予め決められた目標変位とを比較し、該アマチャの変位が目標変位を上回ったならば、前記電磁石に電圧を印加する期間を

所定期間長く再設定し、該アマチャの変位が目標変位を下回ったならば、前記電磁石に電圧を印加する期間を所定期間短く再設定するフィードバック制御手段を備える請求項 2 または請求項 4 に記載の電磁アクチュエータ制御装置。

【請求項 6】 前記アマチャが、内燃機関のバルブに連結される請求項 1 に記載の電磁アクチュエータ制御装置。

【請求項 7】 前記内燃機関のバルブが、排気バルブを含む請求項 6 に記載の電磁アクチュエータ制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、自動車、船舶等のエンジンにおけるバルブを駆動する電磁アクチュエータの制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

いわゆる電磁バルブと呼ばれる電磁アクチュエータによる動弁機構が提案されている。電磁アクチュエータは、典型的には、対向した電磁石の中間部に、それぞれオフセット荷重を予め与えた状態の一对のばねで挟まれた可動鉄片すなわちアマチャを備える。アマチャにはバルブが連結されている。対向した電磁石に交互に電力を供給するとアマチャが駆動され、よってバルブが駆動される。このようなバルブ駆動においては、従来、次のような駆動方法が採用されている。

【0003】

1) 一方の電磁石がアマチャに及ぼす磁気吸引力が、一对のばねの反発力に打ち勝ってアマチャを吸引し、着座させる。このアマチャ（バルブ）は、その後の電磁石への電力供給の停止などを契機として着座状態から開放され、一对のばねの作用で余弦関数的に変位を開始する。

2) このアマチャの変位に応じたタイミングで、他方の電磁石に適当な電流を供給して吸引力発生のための磁束を成長させる。

3) アマチャがこの磁束を発生しつつある他方の電磁石に近づくにつれて磁束が急速に成長する。他方の電磁石の吸引力による仕事が、一方の電磁石の残留磁束

によるアマチャを引き戻そうとするわずかな仕事と、大部分の仕事である機械的損失との和に打ち勝ち、アマチャが吸引されて他方の電磁石に着座する。

4) アマチャが着座する時期を見計らい、適切なタイミングで他方の電磁石にアマチャを保持するための一定電流を供給し、アマチャを保持し続ける。

#### 【0004】

ところで、現在、このような動弁機構を自動車のエンジンの吸気バルブおよび排気バルブに適用することが提案されている。その場合、エンジンの運転状態によっては、動弁機構を適切に動作させることができない場合がある。たとえば、高負荷でエンジンを運転するとき、燃焼行程から排気行程の間中はシリンダ内の高い圧力のガスがバルブ面に加わっているため、排気バルブが開きにくくなる。具体的にいうと、アマチャの中立位置が閉弁側の電磁石のヨーク（以下、単に閉弁側ヨークと呼ぶ）と開弁側の電磁石のヨーク（以下、単に開弁側ヨークと呼ぶ）の midpoint に位置する場合、バルブが閉じてアマチャが閉弁側ヨークに吸引されている時にばねが保有するエネルギーが、アマチャが開放されてバルブが開弁側ヨークに移動するあいだに、排気ガス圧に対するバルブの機械仕事に消費されてしまい、アマチャは、開弁側ヨークに十分接近することができない。したがって、バルブを開弁するためには、開弁側電磁石に大電力を投入してアマチャを強引に引きつける必要があり、このことは、開弁動作時に要する消費電力を大きくする。

#### 【0005】

このような高負荷な状態で排気バルブを開弁しやすくするため、排気バルブのアマチャの中立位置を予め開弁側にわずかにオフセットしておくことが提案されている。こうすると、閉弁側にアマチャが着座しているときのばねのポテンシャルエネルギーが大きくなり、開弁動作時のアマチャの勢いが増す。よって、排気ガスへの機械仕事を行いつつ、アマチャを開弁側ヨークに十分接近させることができる。

#### 【0006】

#### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のようにアマチャの中立位置を開弁側に予めオフセットす

ると、アイドル状態時のような低負荷な運転状態において問題が生じる。すなわち、低負荷な運転状態では、閉弁側から開放するときのシリンダ内のガス圧が高負荷な運転状態時ほど大きくないので、バルブが排気ガスに対して行う機械仕事小さくなる。その結果、予めオフセットされているために相対的に閉弁時のばねのポテンシャルエネルギーが過剰になる。このような状態でアマチャが開放されると、アマチャは勢い良く開弁側へ移動し、開弁側電磁石を通電しなくても開弁側ヨークに衝突することとなる。これは、大きな打撃騒音を励起することとなり好ましくない。

## 【 0 0 0 7 】

したがって、特に排気バルブの開弁動作において、高負荷な状態においては必要以上の消費電力を費やすことなく開弁することができ、低負荷な状態においてはアマチャの電磁石のヨークへの衝突を回避する電磁アクチュエータ制御装置が必要とされている。

## 【 0 0 0 8 】

## 【課題を解決するための手段】

上記の課題を解決するため、請求項 1 の電磁アクチュエータ制御装置は、対向する方向に働く一対のばねと、該ばねに連結され非動作状態で該ばねにより与えられる中立位置に支持される、機械要素に結合したアマチャと、該アマチャを 2 つの終端位置の間で駆動する一対の電磁石と、該終端位置の一方に保持されていたアマチャを開放するアマチャ開放手段と、該アマチャ開放手段によってアマチャが開放されたことに応答して、該アマチャの負荷状態に従って該アマチャの移動に制動をかける制動手段と、を備えるという構成をとる。

## 【 0 0 0 9 】

請求項 1 の発明によると、アマチャの負荷状態に従ってアマチャの移動に制動がかけられるので、高負荷な状態においては必要以上の消費電力を費やすことなく開弁することができ、低負荷な状態においてはアマチャの電磁石のヨークへの衝突を回避することができる。

## 【 0 0 1 0 】

請求項 2 の発明は、請求項 1 の発明の電磁アクチュエータ制御装置において、

制動手段は、前記アマチャが開放された終端位置に対応する電磁石に所定期間電圧を印加する電圧印加手段を備えるという構成をとる。

## 【 0 0 1 1 】

請求項 2 の発明によると、閉弁側電磁石に電圧を印加することによりアマチャの移動に制動をかけることができるので、電圧の印加期間および／または印加電圧の大きさを調整することにより、制動量の大きさを容易に調整することができる。

## 【 0 0 1 2 】

請求項 3 の発明は、請求項 2 の発明の電磁アクチュエータ制御装置において、制動手段は、前記アマチャが開放された終端位置に対応する電磁石にフライホイール電流を流すフライホイール手段を備えるという構成をとる。

## 【 0 0 1 3 】

請求項 3 の発明によると、閉弁側電磁石にフライホイール電流を流すことによりアマチャの移動に制動をかけるフライホイール手段をさらに備えるので、電圧印加手段およびフライホイール手段を適宜組み合わせて制動量を調整することができる。

## 【 0 0 1 4 】

請求項 4 の発明は、請求項 1 の発明の電磁アクチュエータ制御装置において、制動手段は、前記アマチャが開放されたことに応答して、アマチャの負荷状態に応じて設定された期間、前記アマチャを開放した終端位置に対応する電磁石に電圧を印加する電圧印加手段と、該電圧印加手段による電圧印加が終了した後、予め決められた期間、前記電磁石にフライホイール電流を流すフライホイール手段と、該フライホイール手段によってフライホイール電流を通電した後、前記電磁石への通電を停止する通電停止手段と、を備えるという構成をとる。

## 【 0 0 1 5 】

請求項 4 の発明によると、電圧印加動作、フライホイール動作および通電停止動作によってアマチャの移動に制動がかけられるので、これら 3 つの動作を適切に組み合わせることにより、アマチャへの制動量をアマチャの負荷状態に応じて適切に調整することができる。



【 0 0 1 6 】

請求項 5 の発明は、請求項 2 または請求項 4 の発明の電磁アクチュエータ制御装置において、前記アマチャの変位と予め決められた目標変位とを比較し、該アマチャの変位が目標変位を上回ったならば、電磁石に電圧を印加する期間を所定期間長く再設定し、該アマチャの変位が目標変位を下回ったならば、電磁石に電圧を印加する期間を所定期間短く再設定するフィードバック制御手段を備えるという構成をとる。

【 0 0 1 7 】

請求項 5 の発明によると、負荷状態に従って電圧印加期間を調整するフィードバック手段を備えるので、それぞれのアマチャの負荷状態に応じた適切な電圧印加期間を設定することができ、よって適切な制動を実行することができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 6 の発明は、請求項 1 の発明の電磁アクチュエータ制御装置において、アマチャが、内燃機関のバルブに連結されるという構成をとる。

【 0 0 1 9 】

請求項 6 の発明によると、アマチャはバルブに連結されているので、バルブの負荷状態に応じて、アマチャの移動に対する制動量を調整することができる。

【 0 0 2 0 】

請求項 7 の発明は、請求項 6 の発明の電磁アクチュエータ制御装置において、内燃機関のバルブが、排気バルブを含むという構成をとる。

【 0 0 2 1 】

請求項 7 の発明によると、排気バルブの負荷状態に応じて、アマチャの移動に対する制動量を調整することができる。

【 0 0 2 2 】

【発明の実施の形態】

次に図面を参照してこの発明の実施の形態を説明する。図 1 は、電磁アクチュエータ制御装置の全体的な構成を示すブロック図である。制御装置 1 は、マイクロコンピュータおよびこれに付随する回路素子で構成される中央演算処理装置 2 (以下「CPU」という)、実行するプログラムおよびデータを格納する ROM

3（読み取り専用メモリ）、実行時の作業領域を提供し演算結果などを記憶するRAM4（ランダムアクセスメモリ）、および入出力インターフェース5を備える。

#### 【0023】

入出力インターフェース5には、エンジン回転数（Ne）、エンジン水温（Tw）、吸気温（Ta）、バッテリー電圧（VB）、イグニションスイッチ（IGSW）等を表す各種センサ25からの信号が入力され、また、要求負荷検出手段26によって検出された所望のトルクが入力される。要求負荷検出手段26は、たとえばアクセルペダルの踏み込み量を検出するアクセルペダルセンサにより実現することができる。

#### 【0024】

駆動回路8は、制御装置1からの制御信号に基づいて、定電圧源6から供給される電力を、電磁アクチュエータ100に設けられた第1の電磁石11および第2の電磁石13に供給する。この発明の一実施形態では、アマチャを吸引するための電力は定電圧として供給され、アマチャを着座位置に保持するための電力は定電流として供給される。定電流制御は、たとえば定電圧源6から供給される電圧をパルス幅変調して電磁石に供給することにより実行することができる。

#### 【0025】

駆動回路8には電圧検出器9が接続されており、電圧検出器9は、第1および第2の電磁石11および13に供給される電圧の大きさを検出して制御装置1にフィードバックする。また、駆動回路8には電流検出器10が接続されており、電流検出器10は、第1および第2の電磁石11および13に供給される電流の大きさを検出して制御装置1にフィードバックする。

#### 【0026】

制御装置1は、上記の各種センサ25および要求負荷検出手段26からの入力と、電圧検出器9および電流検出器10からフィードバックされた信号に基づいて、電力供給のタイミング、供給する電圧の大きさ、電圧を供給する期間などのパラメータを、予めROM3に格納されている制御プログラムに従って決定する。その後、制御装置1は、電磁アクチュエータ100を適切に制御する制御信号

を入出力インターフェース 5 を介して駆動回路 8 に出力する。このように、内燃機関の燃費向上、エミッション低減および出力特性向上のため、駆動回路 8 は、最適化された電流を第 1 および第 2 の電磁石 1 1 および 1 3 に通電させることができる。

## 【 0 0 2 7 】

図 2 は、図 1 の電磁アクチュエータ 1 0 0 の概略の構造を示す断面図である。バルブ 2 0 は、内燃機関の吸気ポートまたは排気ポート（以下、吸排気ポート 3 0 という）に設けられ、該吸排気ポート 3 0 を開閉する。バルブ 2 0 は、電磁アクチュエータ 1 0 0 によって上方向に駆動されるとエンジンの吸排気ポート 3 0 に設けられたバルブシート 3 1 に密着して停止し、吸排気ポート 3 0 を閉じる。また、バルブ 2 0 は、電磁アクチュエータ 1 0 0 によって下方向に駆動されるとバルブシート 3 1 を離れ、バルブシート 3 1 から所定の距離離れた位置まで下降して吸排気ポート 3 0 を開く。

## 【 0 0 2 8 】

バルブ 2 0 には、その上方に向かってバルブシャフト 2 1 が連設されている。バルブシャフト 2 1 は、バルブガイド 2 3 によって軸方向に運動可能に保持されており、その上端に軟磁性材料で作られた円板状のアマチャ 2 2 が取り付けられている。アマチャ 2 2 は、第 1 のばね 1 6 および第 2 のばね 1 7 により上下から付勢されている。

## 【 0 0 2 9 】

電磁アクチュエータ 1 0 0 の非磁性材料のハウジング 1 8 内には、アマチャ 2 2 の上方に位置する第 1 のソレノイド型の電磁石 1 1、およびアマチャ 2 2 の下方に位置する第 2 のソレノイド型の電磁石 1 3 が設けられている。第 1 の電磁石 1 1 は第 1 の電磁石のヨーク 1 2 で囲まれており、第 2 の電磁石 1 3 は第 2 の電磁石のヨーク 1 4 で囲まれている。第 1 のばね 1 6 および第 2 のばね 1 7 は、第 1 の電磁石 1 1 または第 2 の電磁石 1 3 のいずれにも励磁電流が通電されていない状態で、アマチャ 2 2 が第 1 の電磁石 1 1 と第 2 の電磁石 1 3 の間の中間に位置するようなバランスで設けられている。

## 【 0 0 3 0 】

駆動回路 8（図 1）によって第 1 の電磁石 1 1 に励磁電流が通電すると、第 1 の電磁石のヨーク 1 2 およびアマチャ 2 2 が磁化されて互いに吸引しあい、アマチャ 2 2 が上方向に引きつけられる。その結果、バルブシャフト 2 1 によりバルブ 2 0 が上方向に駆動され、バルブシート 3 1 に密着して停止し、閉状態になる。

#### 【 0 0 3 1 】

第 1 の電磁石 1 1 への励磁電流の供給を停止し、第 2 の電磁石 1 3 に励磁電流を通電すると、第 2 の電磁石のヨーク 1 4 およびアマチャ 2 2 が磁化されてアマチャ 2 2 を下方向に吸引する力が働き、ばねのポテンシャルエネルギーと相まってアマチャ 2 2 が下方向に駆動され、第 2 の電磁石のヨーク 1 4 に接触した状態で停止する。その結果、バルブシャフト 2 1 によりバルブ 2 0 が下方向に駆動され、バルブ 2 0 は開状態になる。

#### 【 0 0 3 2 】

図 3 は、図 1 の電磁アクチュエータ制御装置 1 の詳細な機能ブロック図である。電磁石制御部 5 0 は、アマチャを吸引する過励磁動作中は電磁石に一定電圧が印加されるよう駆動回路 8 を制御し、アマチャを保持する保持動作中は電磁石に一定電流が供給されるよう駆動回路 8 を制御する。

#### 【 0 0 3 3 】

N e、P b 検出部 5 1 は、エンジン回転数センサの出力からエンジン回転数 N e を検出し、吸気管圧力センサの出力から吸気管圧力 P b を検出する。P b はエンジンの負荷状態を表すパラメータであり、N e は、エンジンのバルブの動作速度、したがってアマチャの動作速度を表す。アマチャ変位センサ 5 3 は、アマチャの変位（リフト）量を検出する。

#### 【 0 0 3 4 】

閉弁側アマチャ開放動作部 5 4 は、アマチャ開放予定時刻が到来したことに応答して、閉弁側電磁石（図 2 の例では第 1 の電磁石 1 1）への保持電流の通電を停止するための制御信号を電磁石制御部 5 0 に出力する。アマチャ開放予定時刻は、バルブタイミングおよびエンジン回転数 N e などに基づいて予め決定される。電磁石制御部 5 0 は、それに応答して、閉弁側電磁石への通電を停止するよう

駆動回路 8 を制御する。こうして、アマチャは、閉弁側ヨークから開放される。

【 0 0 3 5 】

開弁側アマチャ吸引部 5 5 は、閉弁側から開放されたアマチャを吸引する動作を実行する。具体的には、アマチャ変位センサ 5 3 によって、アマチャの変位が開弁側ヨーク面からたとえば 1 mm の地点に達したことが検出されたとき、開弁側電磁石（図 2 の例では第 2 の電磁石 1 3）への励磁電流の通電を開始するための制御信号を電磁石制御部 5 0 に出力する。電磁石制御部 5 0 は、それに応答して、開弁側電磁石に励磁電流が流れるよう駆動回路 8 を制御する。

【 0 0 3 6 】

制動制御決定部 5 2 は、現在のバルブ（アマチャ）の負荷状態を判断し、アマチャの動作にどのような制動を適用するかを決定する。この実施例では、制動制御決定部 5 2 は、P b、N e 検出部 5 1 からの吸気管圧力 P b およびエンジン回転数 N e に基づいて、現在のバルブの負荷状態を判断する。制動制御決定部 5 2 は、判断された負荷状態に基づいて、アマチャへの制動形態を決定する。なお、他の実施例では、スロットル開度、コイルの温度など他のパラメータをも考慮してバルブの負荷状態を判断するようにしてもよい。

【 0 0 3 7 】

この発明の一実施例においては、3 種類の制動動作が設けられる。第 1 の制動動作は閉弁側電磁石に過励磁電圧を印加する動作であり、これは磁束を増大させる作用、または磁束を減衰させない強い作用を有する。第 2 の制動動作は閉弁側電磁石にフライホイール電流を流す動作であり、これは磁束を維持する作用を有する。第 3 の制動動作は閉弁側電磁石への通電を停止する動作であり、これは磁束を減衰させる作用を有する。制動力としては、第 1 の制動動作が最も高く、次に第 2 の制動動作が高い。第 3 制動動作は、最も小さい制動力を有する。

【 0 0 3 8 】

この発明の一実施例では、制動制御決定部 5 2 は、バルブの負荷状態に応じて、第 1 の制動動作を実行する期間を決定する。この場合、第 1 の制動動作を開始するタイミング、第 1 の制動動作において電磁石に印加する電圧の大きさ、および第 2 の制動動作を実行する期間は予め決められる。

## 【 0 0 3 9 】

しかし、この発明の他の実施例では、制動制御決定部 5 2 は、第 1 の制動動作期間だけでなく、第 1 の制動動作を開始するタイミング、第 1 の制動動作における印加電圧の大きさ、第 2 の制動動作の実行期間のうち任意のものを決定することができる。また、第 1 の制動動作力を、第 1 の制動動作の実行期間の代わりに印加電圧の大きさによって調整するようにしてもよい。第 1 の制動動作の開始タイミングは、たとえばアマチャ変位センサ 5 3 からのアマチャの閉弁側ヨークからの変位に基づいて決定することができる。

## 【 0 0 4 0 】

電磁石制御部 5 0 は、制動制御決定部 5 2 によって決定された第 1 の制動動作期間にわたって過励磁動作が実行され、次に予め決められた期間フライホイール動作が実行され、次に閉弁側電磁石への通電停止動作が実行されるよう駆動回路 8 を制御する。

## 【 0 0 4 1 】

図 4 の (a) は制動制御を実行しない場合、図 4 の (b) はこの発明に従う制動制御を実行した場合の各パラメータの時間波形を示す。左の縦軸は、アマチャの変位量 (mm) を示すとともに電磁石の電圧 (V) および電流 (A) を示す。

## 【 0 0 4 2 】

図 4 の (a) において、波形 4 1 は、アマチャを閉弁側ヨークから開放したときのアマチャの自由振動を示す波形である。波形 4 3 は、閉弁側電磁石の電圧を示し、波形 4 4 は、閉弁側電磁石に通電される電流を示す。

## 【 0 0 4 3 】

波形 4 4 に示されるように、閉弁側電磁石への保持電流の通電を停止したことに応答して、アマチャは閉弁側ヨークから勢い良く飛び出し、線 4 2 で示される開弁側ヨークに勢い良く衝突する。前述したように、バルブが開弁側のばねで閉弁側に押され、アマチャが閉弁側のばねで開弁側に押されることで、アマチャとバルブは一体化しているにすぎない。典型的には、アマチャが中立位置に存在するとき、上下のばねに 3 0 0 N 前後の力で挟まれて一体化している。したがって、アマチャが開弁側ヨークに衝突したところでバルブはアマチャから分離し、ア

マチャの着座位置（開弁側ヨーク面）からわずかに飛び出す。その後、ばねの力で押し戻されたバルブは再びアマチャと合体して自由振動を継続する。開弁側ヨークに衝突したときのアマチャの速度は  $1.7 \text{ m/s}$  であり、大きな打撃音を励起する。

## 【 0 0 4 4 】

図 4 の（b）は、この発明に従う制動制御を実行した場合を示す。波形 4 5 は、アマチャを開弁側ヨークから開放したときのアマチャの自由振動を示す波形である。波形 4 6 は、閉弁側電磁石の電圧を示し、波形 4 7 は、閉弁側電磁石に通電される電流を示す。

## 【 0 0 4 5 】

閉弁側ヨークにおいて着座状態にあったアマチャは、閉弁側電磁石への保持電流の通電を停止したことに応答して、閉弁側ヨークから勢い良く飛び出す。通電停止後約  $0.7 \text{ ms}$  が経過した時点から  $12 \text{ V}$  の過励磁動作を  $1.3 \text{ ms}$  ほどの期間にわたって実行する。これに伴い、波形 4 7 で示されるように、閉弁側電磁石に流れる電流が大きくなる。したがって、該電磁石から発生する磁束が大きくなる。こうして、閉弁側電磁石の吸引力低下が鈍り、アマチャの開弁側への移動に制動がかかる。図 4 の（a）の曲線 4 1 と比較して明らかなように、アマチャの自由振動波形 4 5 は、その立ち上がり（変位量の変化）が緩やかになっているのがわかる。

## 【 0 0 4 6 】

過励磁動作を終了した後、続けてフライホイール動作を  $0.2 \text{ ms}$  ほどの期間にわたって行う。これにより、アマチャの移動に対する制動力が弱まる。フライホイール動作終了後、閉弁側電磁石への通電を停止する。閉弁側電磁石には逆起電力が誘導され、波形 4 6 に示されるように、電磁石の電圧は  $-42 \text{ V}$  付近まで下がる。これは、電磁石に誘起された逆起電力が、駆動回路における電源電圧、およびスイッチング素子やコイルの直流抵抗などの電圧降下の和を超えた場合は、電磁石側から駆動回路側に電流が流入するよう駆動回路が構成されているためである。図では、通電停止後約  $0.5 \text{ ms}$  の間、わずかな電流が電源側に流入している。その後、磁束の連続性を満足するよう磁気回路内に渦電流が流れること

で、ジュール損失が急激に発生し、磁束は急速に減衰し、アマチャに対する制動力も急速に衰える。しかしながら、過励磁動作によって一旦制動力がかけられているのでアマチャの速度はすでに低減されており、よって波形 4 5 によって示されるように、アマチャは開弁側ヨークに衝突することなく自由振動を継続する。

## 【 0 0 4 7 】

このように、過励磁動作、フライホイール動作および通電停止動作の 3 つの制動動作を適切に組み合わせることにより、アマチャの移動に対する制動力を調整することができる。したがって、この発明に従う一実施例においては、低負荷時のバルブが開きやすくなっている状態では、過励磁動作期間を所定期間長く設定して制動する期間を高負荷時に比較して長くし、反対に高負荷時のバルブが開き難くなっている状態では、過励磁動作期間を所定期間短く設定して制動する期間を短くする。また、フライホイール動作の期間は、予め決めておいてもよいし、または、過励磁動作期間を長く設定した場合はフライホイール動作期間を短くし、過励磁動作期間を短く設定した場合はフライホイール動作期間を長くするようにしてもよい。

## 【 0 0 4 8 】

図 4 の ( b ) の例では、閉弁側電磁石への保持電流の通電停止後 0 . 7 m s 後に閉弁側電磁石に 1 . 3 m s の期間にわたって 1 2 V の電圧を印加している。しかしながら、この電圧を印加するタイミングは単なる例であり、前述したように、電圧印加タイミングを負荷状態に従って決定することができる。たとえば、低負荷な状態では電圧印加タイミングを早めて、アマチャに早めに制動力がかかるようにすることができる。また、印加する電圧の大きさ 1 2 V というのも単なる例であり、前述したように、負荷状態に従って印加する電圧の大きさを決定することができる。たとえば、低負荷な状態では大きい電圧を印加して制動力を強めることができる。

## 【 0 0 4 9 】

この発明に従う他の実施例では、フライホイール動作を実行せず、過励磁動作のみを調整して制動をかけるようにすることもできる。この場合、過励磁動作によって制動をかけた後、閉弁側電磁石への通電動作が実行される。フライホイー



ル動作を実行する場合と比べて、過励磁動作の終了に伴って閉弁側電磁石から発生する磁束が急激に減衰し、よってアマチャへの制動力も急激に低下する。しかしながら、過励磁動作においてアマチャの速度に十分ブレーキをかけておけば、アマチャは、開弁側ヨークに衝突させることなく自由振動を継続することができる。

## 【 0 0 5 0 】

この発明に従うさらに他の実施例では、過励磁動作における印加電圧を、過励磁動作期間にわたって段階的に変更することができる。たとえば、過励磁動作期間の最初の方では42Vの電圧を印加し、途中から12Vの電圧印加に変更する。このようにすると、最初はアマチャの移動に対して強い制動力がかかり、途中からその制動力を弱めることができる。こうして、制動力の強さを調整して、アマチャの開弁側ヨークへの衝突を回避することができる。

## 【 0 0 5 1 】

図5は、この発明の一実施例における制動マップの例を概略的に示す図である。この図において、横軸はバルブの負荷状態を表しており、右にいくほど負荷状態が大きくなる。この実施例においては、前述したように、負荷状態を現在のエンジン回転数 $N_e$ および吸気管圧力 $P_b$ を用いて表す。縦軸は第1の制動動作期間すなわち過励磁動作期間を示す。制動マップは、高負荷になるほど過励磁動作の実行期間が短くなるよう作成されている。これは、高負荷になるほどバルブは開きにくくなるので制動をかける必要がなくなり、逆に、低負荷になるほどバルブは開きやすくなるので、アマチャの移動の勢いを弱めるために制動をかける必要があるからである。

## 【 0 0 5 2 】

このマップによると、ある高負荷状態よりも高い負荷状態になると、過励磁動作期間はゼロになる。これは、ある程度高い負荷の状態では、アマチャに対して制動をかけなくてもアマチャが開弁側ヨークに衝突するおそれがないからである。

## 【 0 0 5 3 】

次に、図6～図8を参照して、それぞれの制動動作における駆動回路の電流経

路について説明する。図 6 は閉弁側電磁石 8 1 に対応する駆動回路を概略的に示す。電圧源 6 1 は 4 2 V の高圧電圧源であり、電磁石 8 1 の過励磁動作における定電圧制御に使用される。電圧源 6 2 は 1 2 V の低圧電圧源であり、アマチャを電磁石 8 1 に保持する保持動作における定電流制御に使用される。

## 【 0 0 5 4 】

駆動回路は、閉弁側電磁石 8 1、第 1 の F E T 7 1、第 2 の F E T 7 2、第 3 の F E T 7 3、第 1 のダイオード 7 5、第 2 のダイオード 7 6、第 3 のダイオード 7 7 を備える。第 1 の F E T 7 1 は、N チャネル F E T によって実現されるスイッチング手段であり、ソース端子は電磁石 8 1 に接続され、ドレイン端子は電圧源 6 1 に接続され、ゲート端子は電流制御回路（図示せず）に接続される。第 2 の F E T 7 2 は N チャネル F E T によって実現されるスイッチング手段であり、ソース端子は接地端子 8 3 に接続され、ドレイン端子は電磁石 8 1 に接続され、ゲート端子は電流制御回路に接続される。ここで、電流制御回路は、図 1 の制御装置 1 からの制御信号に応答して、電磁石への通電タイミングを制御する回路である。

## 【 0 0 5 5 】

第 3 の F E T 7 3 は、P チャネル F E T によって実現されるスイッチング手段であり、ドレイン端子は第 3 のダイオード 7 7 を介して電磁石 8 1 に接続され、ソース端子は電圧源 6 2 に接続され、ゲート端子は電流制御回路に接続される。

## 【 0 0 5 6 】

この実施例では、第 1 および第 2 の F E T 7 1 および 7 2 に N チャネル F E T を用いているが、代わりに P チャネル F E T を用いてもよい。また、F E T 7 3 に P チャネル F E T を用いているが、代わりに N チャネル F E T を用いてもよい。さらに、F E T 7 1 ~ 7 3 を、代わりにパワートランジスタまたは I G B T （絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）など任意のスイッチング素子によって実現することができる。

## 【 0 0 5 7 】

第 1 のダイオード 7 5 は、アノード端子が電磁石 8 1 に接続され、カソード端子が電圧源 6 1 に接続される。第 2 のダイオード 7 6 は、アノード端子が接地端

子 8 3 に接続され、カソード端子が電磁石 8 1 に接続される。第 3 のダイオード 7 7 は、アノード端子が第 3 の F E T 7 3 を介して電圧源 6 2 に接続され、カソード端子が電磁石 8 1 に接続される。

## 【 0 0 5 8 】

次に、回路の動作を説明する。制御装置 1 (図 1) は、バルブの開弁動作を実行する制御信号を電流制御回路に出力する。電流制御回路はそれに応答して、過励磁動作開始タイミングにおいて制御信号を出力し、第 1 の F E T 7 1 および第 2 の F E T 7 2 をオン状態にする。第 3 の F E T 7 3 は、オフ状態である。こうして、経路 9 1 に示されるような電流経路が形成され、電磁石 8 1 には、電圧源 6 1 からの電圧 4 2 V が印加される。電磁石 8 1 に電圧源の電圧 4 2 V が印加される期間が長くなるにつれ、電磁石 8 1 から発生する磁束は増大し、よってアマチャを吸引する力が増大する。

## 【 0 0 5 9 】

図 7 を参照して、第 2 の制動動作すなわちフライホイール動作について説明する。図 7 は、図 6 と同じ駆動回路を示す。電流制御回路からの制御信号に応答して、第 1 の F E T 7 1 はオフ状態になる。第 2 の F E T 7 2 はオン状態のままである。第 1 の F E T 7 1 がオフ状態になったので、電圧源 6 1 からの電圧印加がなくなり、よって電磁石 8 1 に逆起電力が誘起される。すなわち、電磁石 8 1 の負極側 (第 1 のダイオード 7 5 側) に高電圧が生じる。このとき、電磁石 8 1 は、電圧が供給されていた時と同じ向きに電流を流し続けようとする。

## 【 0 0 6 0 】

一方、第 1 の F E T 7 1 がオフ状態になったので、電磁石 8 1 の負極側から、第 2 の F E T 7 2 および第 2 のダイオード 7 6 を通り、電磁石 8 1 の正極側 (第 2 の F E T 7 2 側) に至る閉回路が形成される。したがって、上記電磁石 8 1 の負極側の高電圧は、経路 9 2 に示されるように、この閉回路を流れるフライホイール電流として放電される。

## 【 0 0 6 1 】

電磁石に蓄えられた磁気エネルギーがフライホイール電流として閉回路を流れるので、電磁石から発生する磁束がほぼ維持される。こうして、フライホイール

動作の間は、ほぼ同じ吸引力でアマチャが吸引される。

#### 【 0 0 6 2 】

図 8 を参照して、第 3 の制動動作すなわち通電停止動作を説明する。図 8 は、図 6 および図 7 と同じ駆動回路を示す。電流制御回路からの制御信号に応答して、第 2 の F E T 7 2 はオフ状態になる。第 1 の F E T 7 1 はオフ状態のままである。したがって経路 9 3 に示されるように、第 2 のダイオード 7 6、電磁石 8 1 および第 1 のダイオード 7 5 を通る電流経路が形成される。電磁石 8 1 に蓄えられた磁気エネルギーは、第 1 のダイオード 7 5 を通って電圧源 6 1 へと回生される。このように、通電停止を実行すると、わずかだが電磁石には回生電流が流れる。しかし、電磁石から発生する磁束は時間とともに急激に減衰し、それに伴ってアマチャを吸引する力が急激に弱まる。

#### 【 0 0 6 3 】

図 9 は、アマチャへの制動制御を実行する電磁アクチュエータの制御動作を示すフローチャートである。ステップ 1 0 1 において、閉弁側ヨークに保持されていたアマチャを開放する。開放は、閉弁側電磁石への保持電流の通電を停止することによって開始される。アマチャの開放動作を起動した後、ステップ 1 0 2 に進み、制動マップを参照して、現在の P b および N e に基づく過励磁動作期間を抽出する。ステップ 1 0 3 に進み、アマチャの開放動作の開始から所定期間経過後（図 4 の（b）の例では 0. 7 m s 後）、過励磁動作を開始する。ステップ 1 0 2 で抽出した過励磁動作期間にわたる過励磁動作が終了した後、ステップ 1 0 4 に進み、フライホイール動作を所定期間（図 4 の（b）の例では、0. 2 m s 間）実行する。その後、ステップ 1 0 5 に進み、閉弁側電磁石への通電を停止する。通電を停止した後、所定のタイミングで、開弁側電磁石を通電してアマチャの吸引動作を開始する（ステップ 1 0 6）。こうして、アマチャは、開弁側ヨークに吸引される。

#### 【 0 0 6 4 】

図 1 0 は、この発明の第 2 の実施例に従うアクチュエータ制御装置の詳細な機能ブロック図を示す。ここで、図 3 に示した機能ブロック図と同じ参照番号のものは、図 3 を参照して説明したものと同一機能を有するので、説明を省略する。

## 【 0 0 6 5 】

フィードバック制御部 5 7 は、今回のアマチャ開放動作サイクルにおいて、アマチャ開放動作が起動されてから所定時間経過後に、アマチャ変位センサ 5 3 によって検出されたアマチャの変位と、予め決められた目標変位とを比較し、アマチャの変位および目標変位との差に基づく差分制動量（今回のサイクルにおける制動量に対する差分）を算出する。具体的には、アマチャ変位が目標変位を上回ったならば、アマチャの移動にさらに大きな制動をかける必要があるので、増やすべき制動量を算出する。すなわち、過励磁動作期間をどのくらい長くするかを算出し、次回のサイクルにおける過励磁動作が、今回のサイクルよりもその算出された分だけ長く実行されるようにする。反対に、アマチャ変位が目標変位を下回ったならば、アマチャの移動にさらに小さな制動をかける必要があるので、減らすべき制動量を算出する。すなわち、過励磁動作期間をどのくらい短くするかを算出し、次回のサイクルにおける過励磁動作が、今回のサイクルよりもその算出された分だけ短く実行されるようにする。

## 【 0 0 6 6 】

アマチャ変位が目標変位と同じならば、適切な過励磁動作期間がすでに設定されていることを示すので、差分制動量にゼロを設定する。こうして、差分制動量をフィードバック制御することにより、制動量を、それぞれのバルブについて調整することができる。なお、上記の目標変位は、アマチャが開弁側ヨークに衝突することなく自由振動する場合の目標となる変位であり、予め設定される。

## 【 0 0 6 7 】

他の実施例では、上記の差分制動量を、予め決められた一定の値とすることもできる。たとえば、アマチャの開放動作が起動されてから所定時間経過後のアマチャの変位が目標変位を上回ったならば、過励磁期間を 0. 2 m s だけ増やし、アマチャの変位が目標変位を下回ったならば過励磁期間を 0. 2 m s だけ減らす。

## 【 0 0 6 8 】

さらに他の実施例では、フィードバック制御を実行した際に算出された差分制動量で、制動マップを更新するようにしてもよい。また、他の実施例では、開弁

側ヨークに接触したときのアマチャの速度を計測し、このアマチャ速度が適切な値になるようフィードバック制御を行うようにしてもよい。たとえば、速度が速すぎる場合は制動量を大きくし、速度が遅い場合は制動量を小さくするようフィードバック制御する。

## 【 0 0 6 9 】

フィードバック制御部 5 7 によって算出された差分制動量、すなわち差分過励磁動作期間は、制動制御決定部 5 2 に渡される。制動制御決定部 5 2 は、N e および P b に基づいて制動マップから求めた過励磁動作期間に、前回のサイクルで算出された差分過励磁期間を加算して、今回のサイクルにおける過励磁動作期間を決定する。

## 【 0 0 7 0 】

図 1 1 は、第 2 の実施例におけるフィードバック制御を示すフローチャートである。フィードバック制御は、図 9 に示される電磁アクチュエータの制御動作フローにおいて開弁側アマチャを開放した（ステップ 1 0 1）後、該フローと並行して実行することができる。

## 【 0 0 7 1 】

ステップ 1 5 1 において、アマチャ開放時刻と同時にスタートした開放タイマが所定時間経過したかどうか判断する。所定時間経過したならば、該所定時間経過した時点におけるアマチャ変位を検出し、該アマチャ変位と、予め決められた目標変位とを比較する（1 5 2）。アマチャ変位が目標変位より大きければ、アマチャの移動が目標よりも速いことを示すので、増やすべき過励磁動作期間を求める（1 5 3）。反対に、アマチャ変位が目標変位より小さければ、アマチャの移動が目標よりも遅いことを示すので、減らすべき過励磁動作期間を求める（1 5 4）。また、アマチャ変位が目標変位と同じならば、適切な過励磁動作期間がすでに設定されているので、差分過励磁動作期間をゼロに設定する。こうして、所定時間経過後にアマチャの変位が目標変位になるようフィードバック制御が実行される。

## 【 0 0 7 2 】

このように、閉弁側ヨークに着座していたアマチャが開放された後、アマチャ

の移動に制動をかけることにより、アマチャの開弁側ヨークへの衝突を回避する。しかしながら、これまで説明してきた実施例を、開弁側ヨークに着座していたアマチャが開放された場合にも適用することができる。

【 0 0 7 3 】

【発明の効果】

この発明によると、アマチャの負荷状態に従ってアマチャの移動に制動がかけられるので、高負荷な状態においては必要以上の消費電力を費やすことなく開弁することができ、低負荷な状態においてはアマチャの電磁石のヨークへの衝突を回避することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 この発明の一実施例における電磁アクチュエータ制御装置の全体的なブロック図。

【図 2】 この発明の一実施例における電磁アクチュエータの機械的構造を示す図。

【図 3】 この発明の一実施例における電磁アクチュエータ制御装置の機能ブロック図。

【図 4】 この発明の一実施例における、（a）アマチャが開放された後に制動制御を実行しない場合、および（b）アマチャが開放された後に制動制御を実行した場合の、各パラメータの関係を示す図。

【図 5】 この発明の一実施例における、制動マップの概略的な例を示す図。

【図 6】 この発明の一実施例における、過励磁動作における電流経路を示す回路図。

【図 7】 この発明の一実施例における、フライホイール動作における電流経路を示す回路図。

【図 8】 この発明の一実施例における、通電停止後における電流経路を示す回路図。

【図 9】 この発明の一実施例における、電磁アクチュエータの全体的な制御動作を示すフローチャート。

【図 1 0】 この発明の他の実施例における電磁アクチュエータ制御装置の機能ブ

ロック図。

【図 1 1】 この発明の一実施例における、フィードバック制御を示すフローチャート。

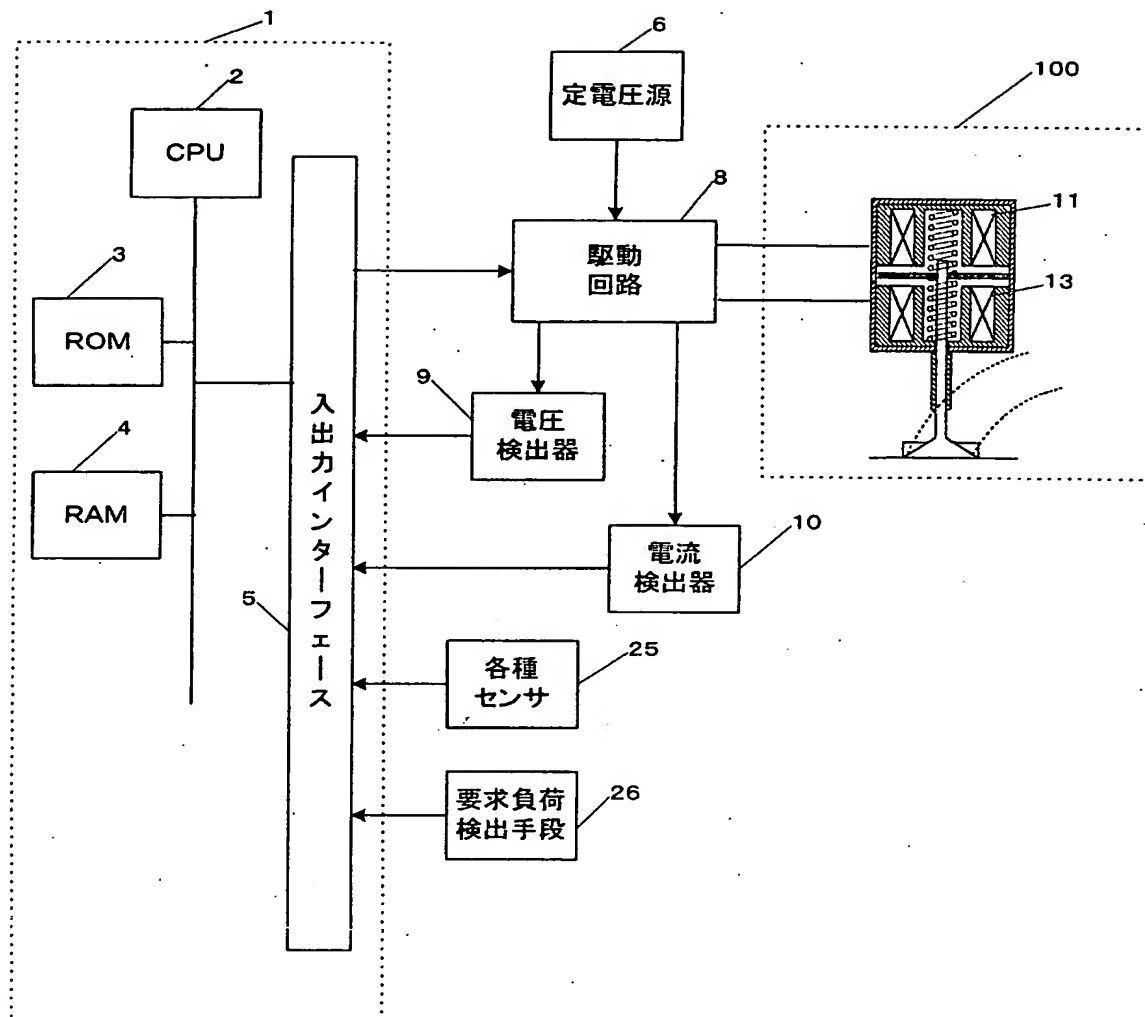
【符号の説明】

- |     |            |
|-----|------------|
| 5 0 | 電磁石制御部     |
| 5 2 | 制動制御決定部    |
| 5 3 | アマチャ変位センサ  |
| 5 4 | 閉弁側アマチャ開放部 |
| 5 5 | 開弁側アマチャ吸引部 |
| 5 7 | フィードバック制御部 |

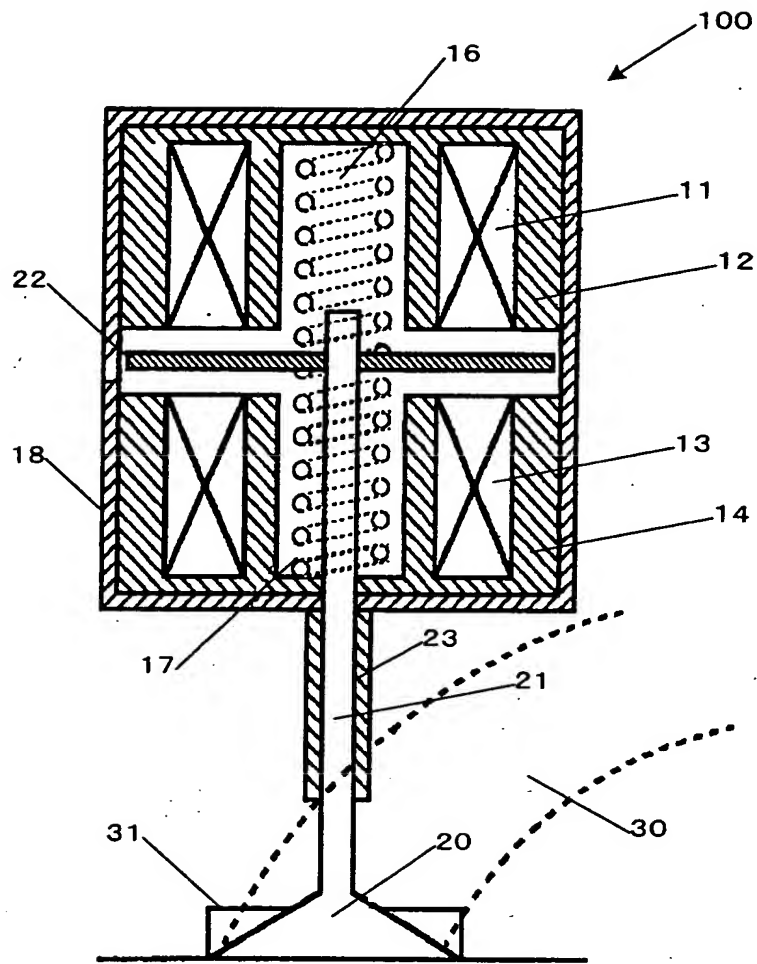


【書類名】 図面

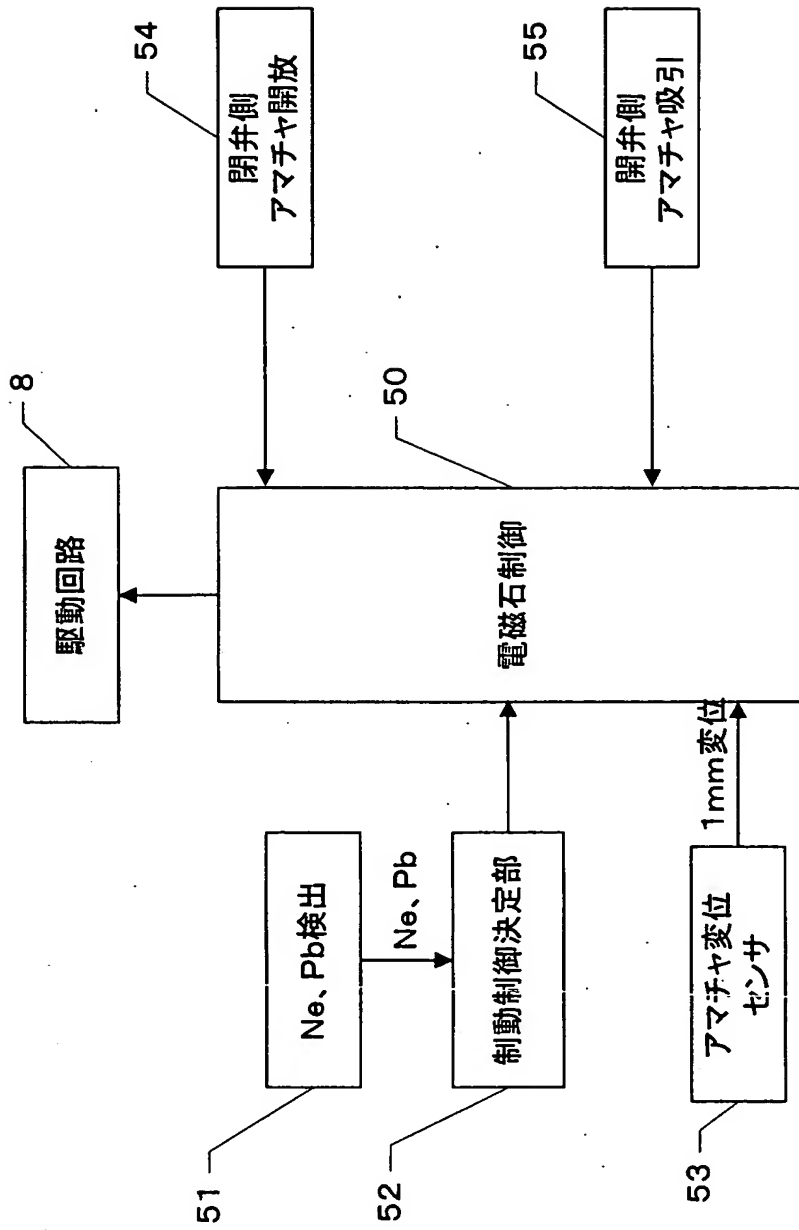
【図 1】



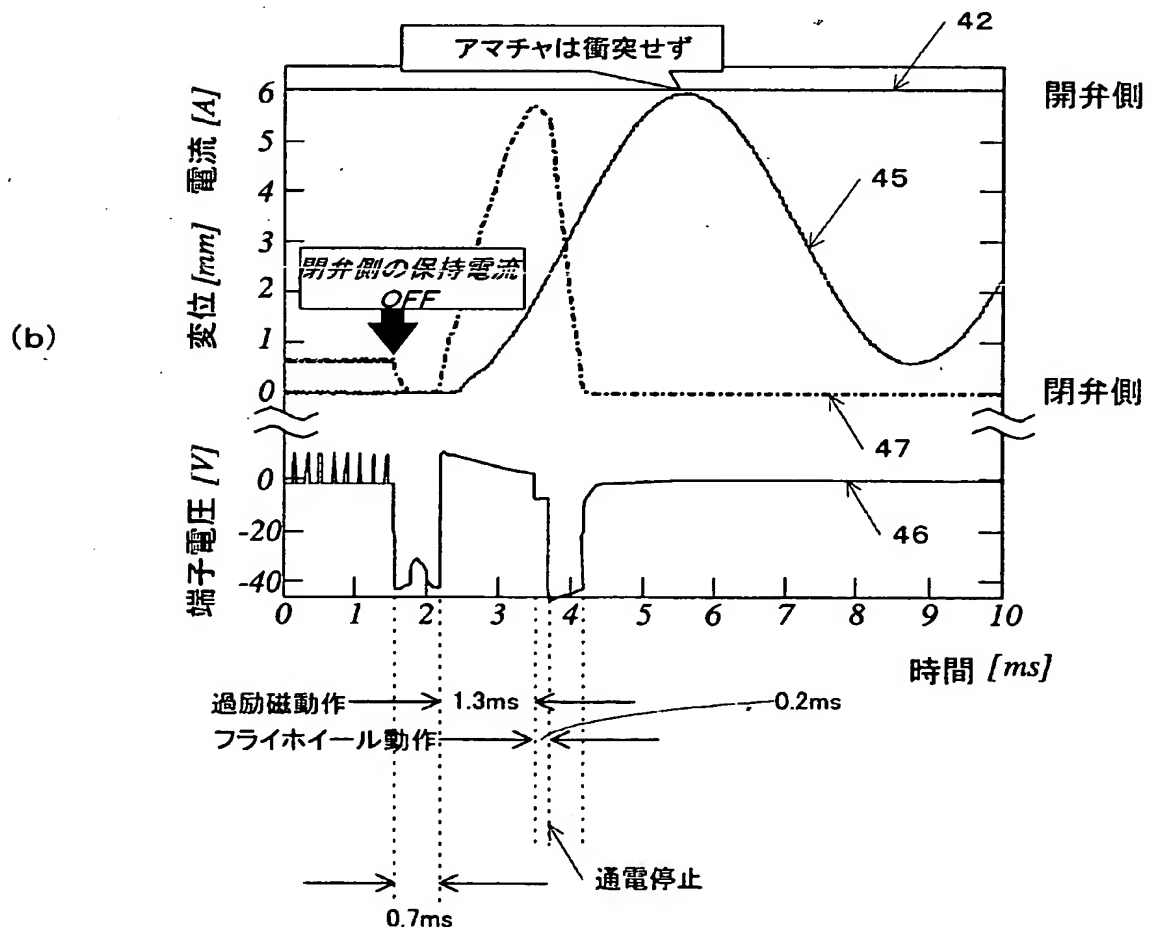
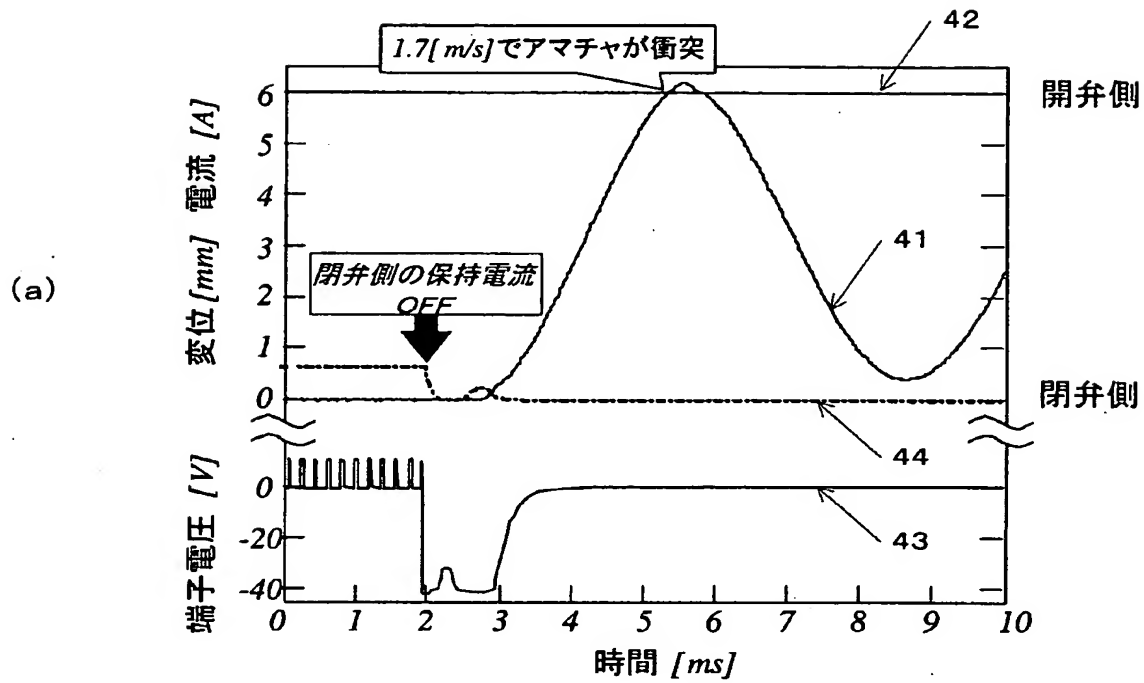
【図2】



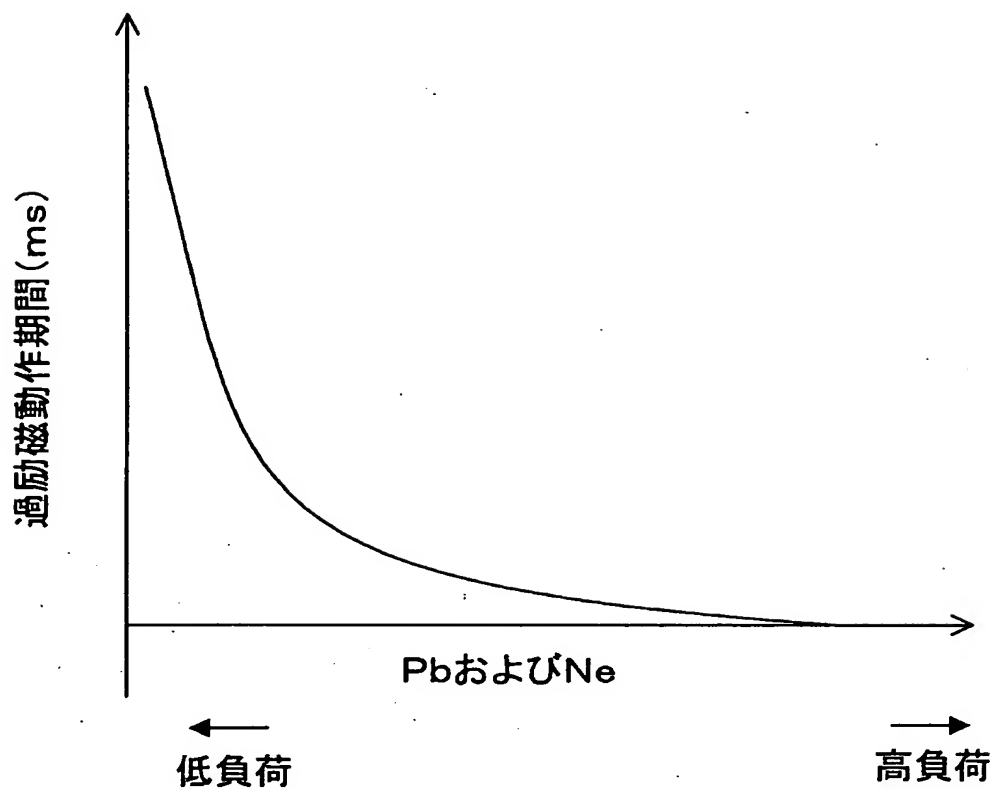
【図 3】



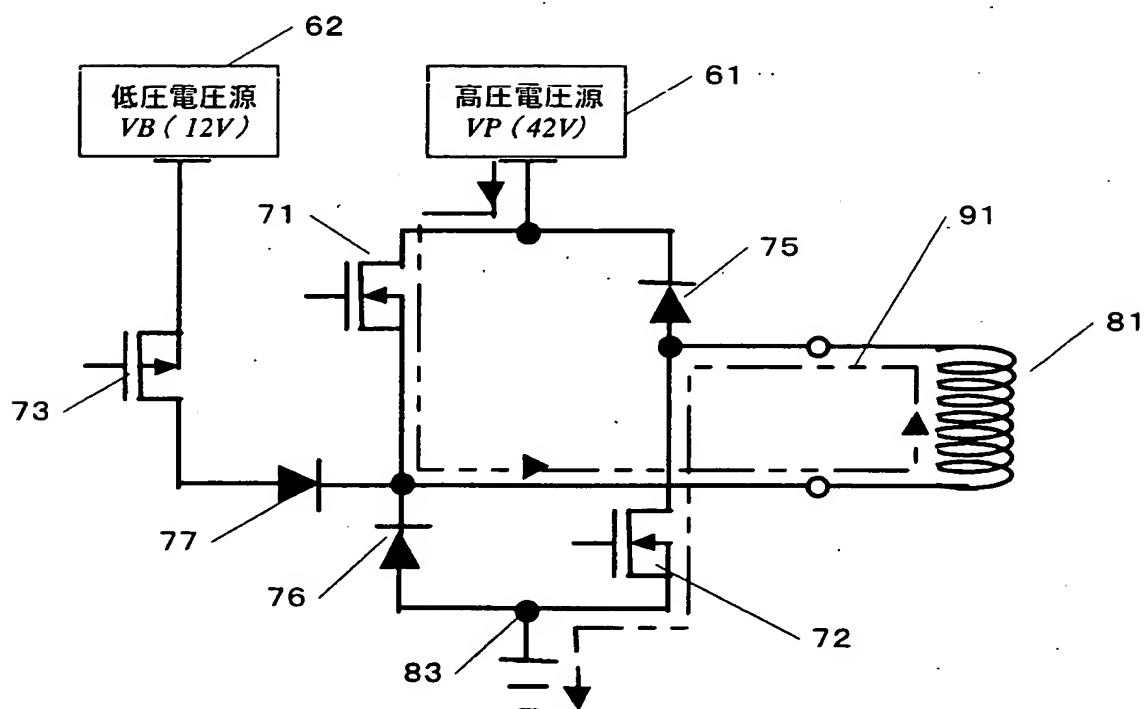
【図 4】



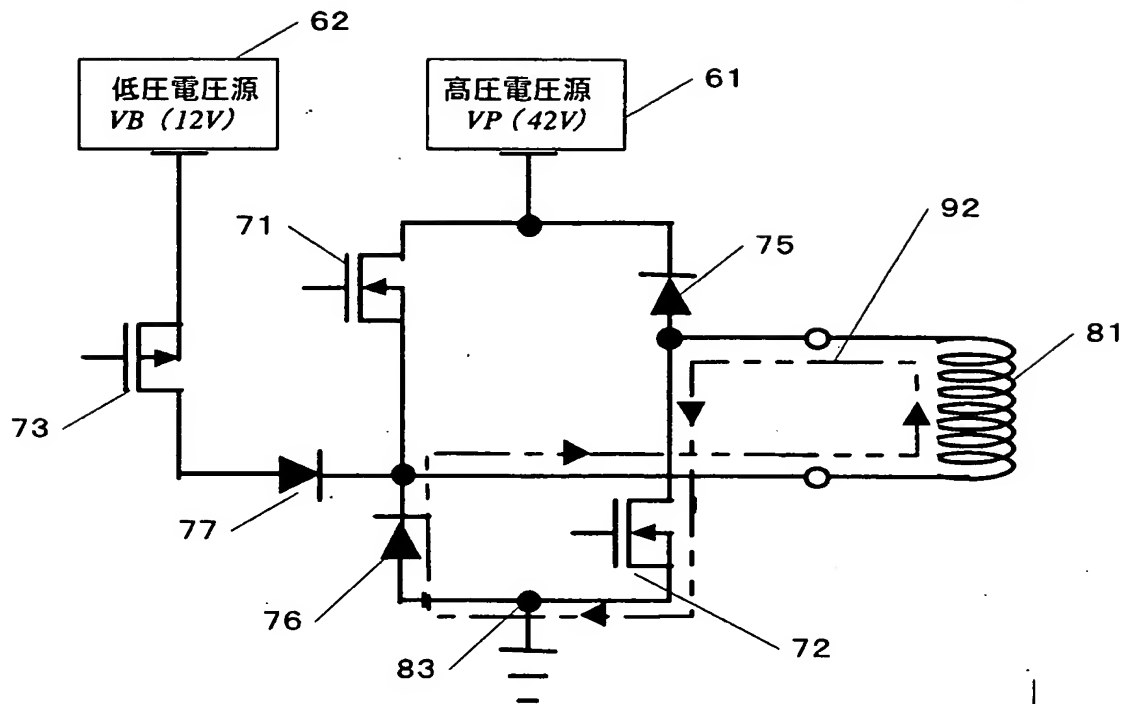
【図5】



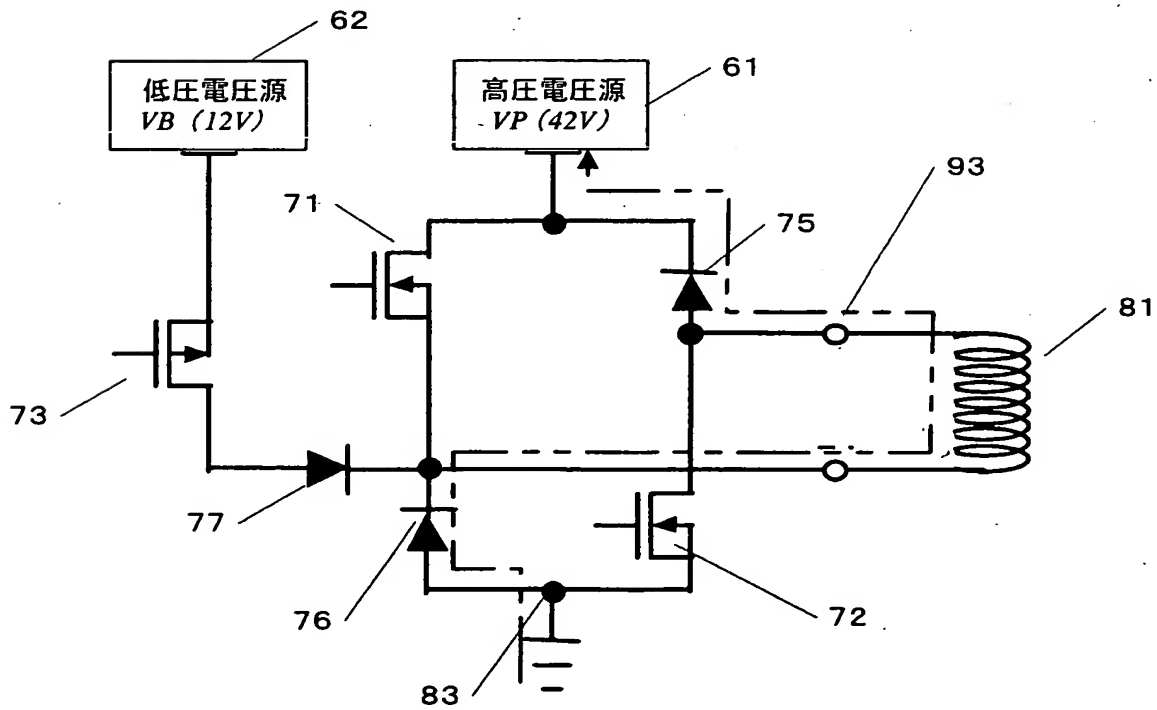
【図6】



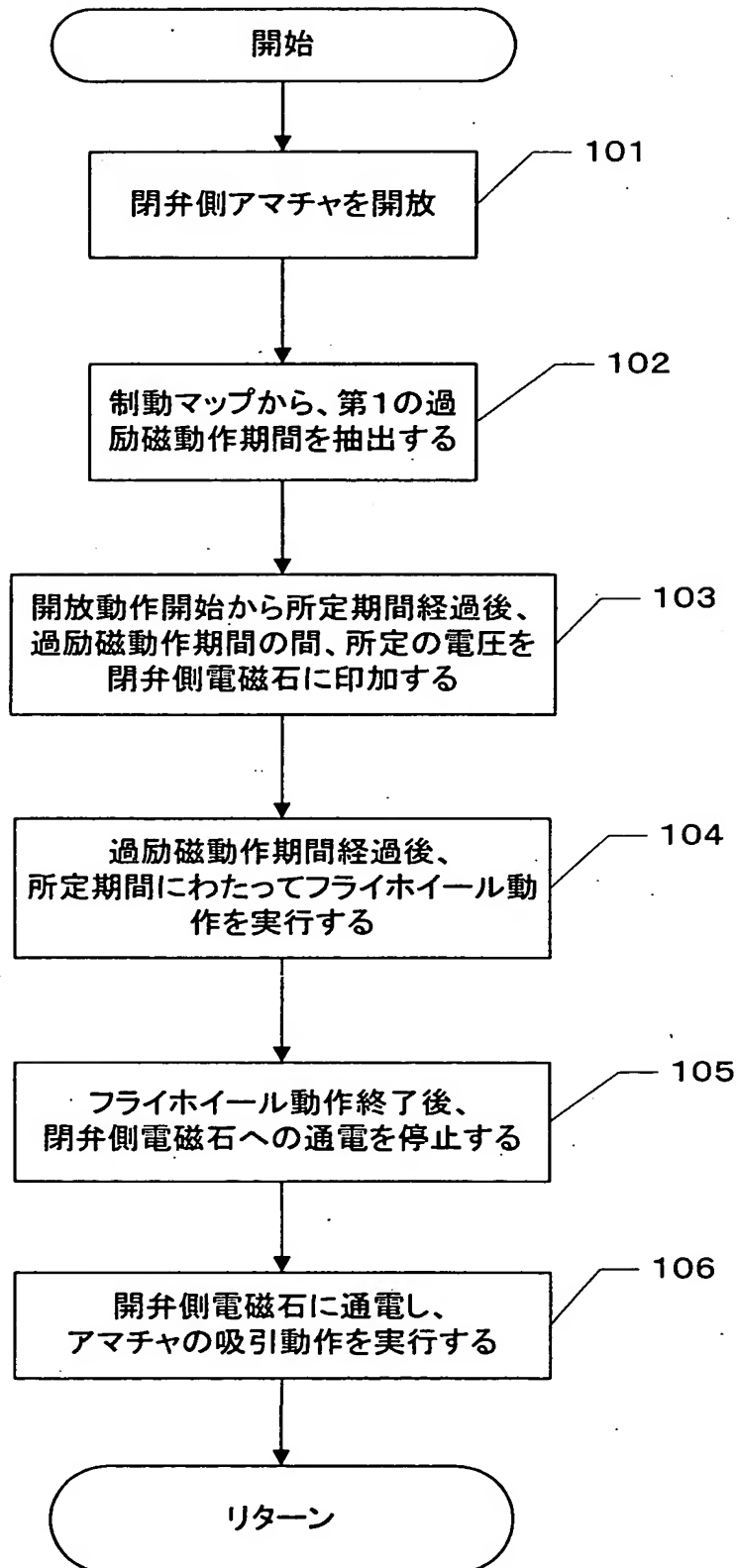
【図 7】



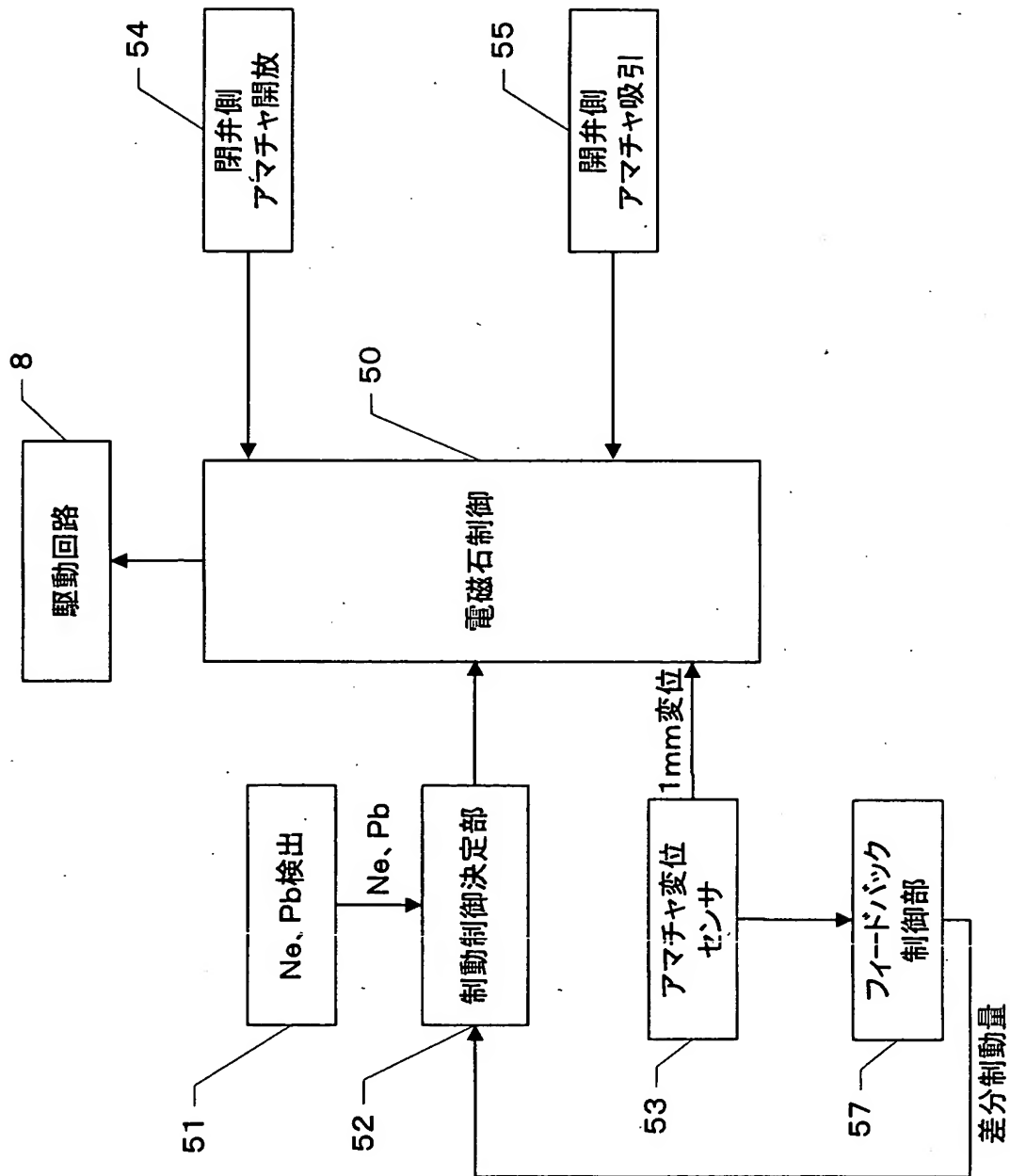
【図 8】



【図9】

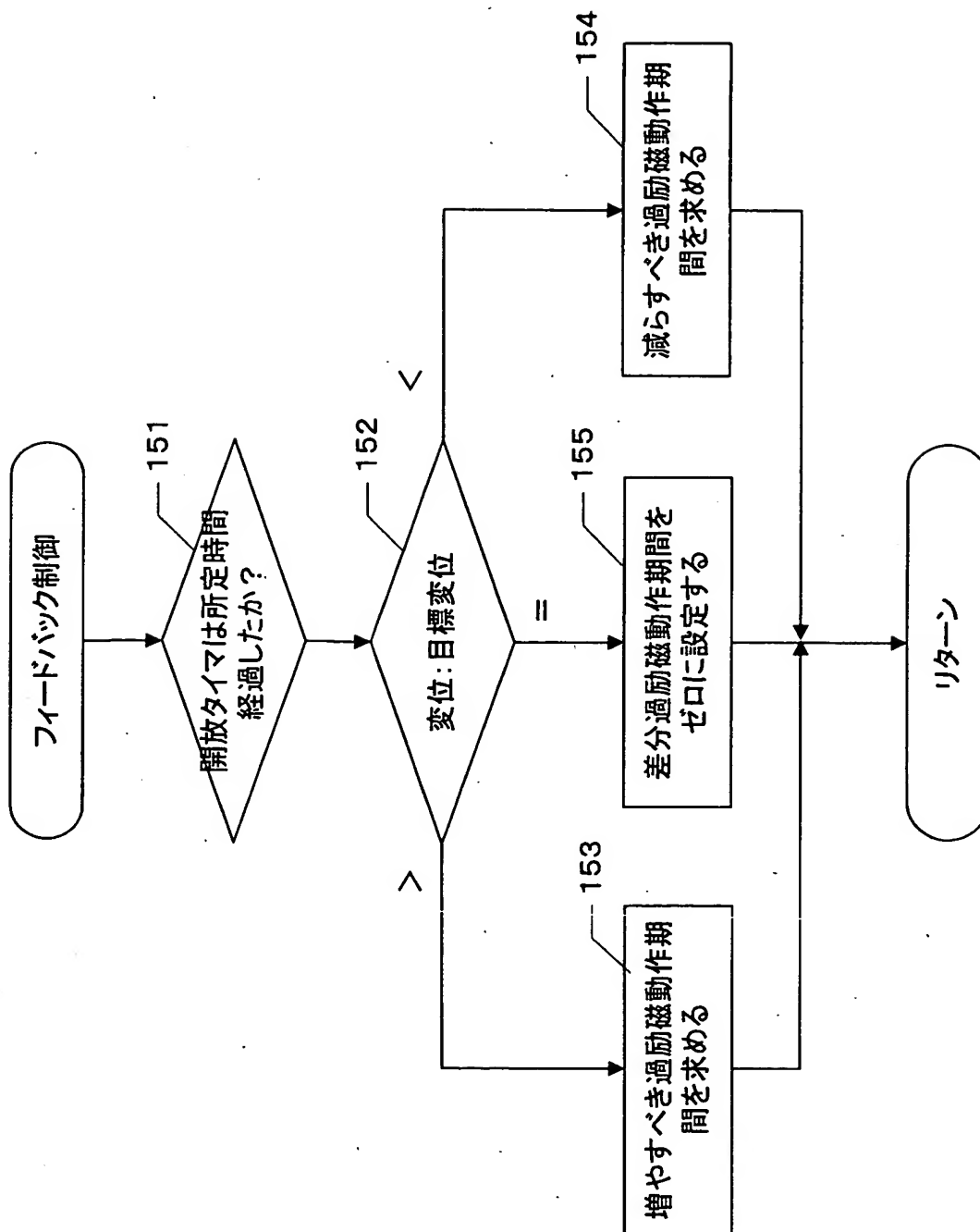


【図10】





【図11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 バルブの負荷状態に従って、アマチャの移動に制動をかける。

【解決手段】 電磁アクチュエータ制御装置は、対向する方向に働く一対のばねと、該ばねに連結され非動作状態で該ばねにより与えられる中立位置に支持される、機械要素に結合したアマチャと、該アマチャを2つの終端位置の間で駆動する一対の電磁石と、終端位置の一方に保持されていたアマチャを開放するアマチャ開放手段と、該アマチャ開放手段によってアマチャが開放されたことに応答して、該アマチャの負荷状態に従って該アマチャの移動に制動をかける制動手段とを備える。制動手段は、電磁石への過励磁動作、フライホイール動作および通電停止動作を適切に組み合わせて実現することができる。過励磁動作の実行期間を調整することにより制動量を調整することができ、また過励磁動作実行期間をフィードバック制御することができる。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日 1990年 9月 6日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 東京都港区南青山二丁目1番1号  
氏 名 本田技研工業株式会社